

21世纪数量经济学方法论与应用丛书

丛书主编 张晓峒

协整理论与应用

马 薇 著

THEORY AND APPLICATION OF COINTEGRATION

南开大学出版社

21 世纪数量经济学方法论与应用丛书

协整理论与应用

马 薇 著

南开大学出版社

天 津

图书在版编目(CIP)数据

协整理论与应用 / 马薇著. —天津: 南开大学出版社,
2004. 2.

(21 世纪数量经济学方法论与应用丛书)

ISBN 7-310-02046-4

I. 协... II. 马... III. 时间序列分析: 经济计量
分析 IV. F224.0

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 122190 号

出版发行 南开大学出版社

地址: 天津市南开区卫津路 94 号 邮编: 300071

营销部电话: (022)23508339 23500755

营销部传真: (022)23508542

邮购部电话: (022)23502200

出版人 肖占鹏

承印 天津蓟县宏图印务有限公司印刷

经销 全国各地新华书店

版次 2004 年 2 月第 1 版

印次 2004 年 2 月第 1 次印刷

开本 880mm×1230mm 1/32

印张 6.875

字数 196 千字

印数 1—3000

定价 15.00 元

21 世纪数量经济学方法论与应用丛书编辑委员会

丛书主编：张晓峒

成员（以姓氏笔画为序）：

马 薇（天津财经学院）	王少平（华中科技大学）
叶阿忠（福州大学）	朱平芳（上海财经大学）
李坤望（南开大学）	张伯伟（南开大学）
张晓峒（南开大学）	何 耀（武汉大学）
赵国庆（中国人民大学）	童光荣（武汉大学）
童恒庆（武汉理工大学）	

总 序

改革开放以后，我国学术界开始提出数量经济学概念，并把数量经济学正式列为经济学的一个分支学科。数量经济学包括全部用定量手段分析与处理经济问题的方法与理论，其中一个重要组成部分是计量经济学，同时还包括统计分析方法、运筹学、决策理论、风险分析、投入产出等内容。数量经济学，特别是计量经济学是用定量方法研究经济活动规律及其应用的一门科学。数量经济学既是经济学的一门分支学科，又是研究经济学其他分支学科以及分析实际经济问题的必备工具与手段。从这个意义上讲，从事经济学和经济问题研究的工作者、教师、学生都应该掌握数量经济学，特别是计量经济学。

改革开放 20 多年来，数量经济学在我国迅速发展起来，并在研究实际经济问题中得到广泛应用。国家信息中心、中国社会科学院、教育部的重点科研基地中都设有数量经济学的专门研究机构。1998 年 7 月教育部高等学校经济学学科教学指导委员会首次将计量经济学列为硕士生和博士生的必修和必选课程。截止到 2002 年，在我国大学中已经设立 14 个数量经济学专业博士点、42 个硕士点。随着我国经济体制从社会主义计划经济向社会主义市场经济的全面转变，数量经济学在研究经济问题中必然发挥越来越大的作用。采用定性与定量相结合的方法研究经济问题是今后的必然趋势。

客观地认识与科学地表述经济规律是历代经济学与计量经济学工作者的奋斗目标。然而经济活动的多因素性、随机波动性、事件发生的不可逆性以及时间序列的非平稳性一直影响着经济学的科学化进

程。经济学与自然科学的一个最大不同点就是无法创造出其他因素不变的理想经济环境。自然科学中的变量常遵循函数关系，但对于经济问题却没有函数关系可言，只能建立统计模型。随着计量经济学的诞生，人们借助数学、统计学知识分析和预测经济问题。虽然这只有几十年的时间，却超过了经济学数百年积累起来的文字分析水平。最近几年，诺贝尔经济学奖的获得者中大部分都是因研究计量经济学或用计量经济学方法研究实际经济问题取得重大突破而获奖的。

自 20 世纪 70 年代至今是数量经济学在世界范围内大发展的时期，如在时间序列模型，离散选择模型，动态参数模型，状态空间模型，单整、协整、分整理论，面板数据应用，非参数估计，结构突变分析，非平稳季节时间序列的处理，广义矩法，金融计量分析，蒙特卡罗模型，自举模拟，分形理论，灰色系统，包络分析，遗传算法，神经网络分析等领域都取得了丰硕的研究成果。

目前数量经济学在我国的研究与应用和世界水平相比还存在着一定差距，还需要我国的数量经济学工作者努力奋斗、扎实工作，进一步深入、扩大国际间的学术交流，缩小与世界计量经济学水平的差距，并最终赶上世界计量经济学水平。

为了把国外的研究成果尽快介绍到国内来，为了更快地普及数量经济理论与方法并应用于实际经济问题的分析，为进一步提高我国数量经济学的学术水平，我们撰写、编辑了这套数量经济学丛书。编委会本次计划推出 7 本著作，它们是：《非参数计量经济学》，《宏观计量的若干前沿理论与应用》，《协整理论与应用》，《经济数量分析》，《可计算一般均衡模型——理论、方法与应用》，《中级计量经济学》和《EViews 使用指南》。其中有些著作偏重于理论和方法的介绍，有些偏重于实际应用，通过案例向读者展示怎样在经济问题的分析中应用这些知识，还有一些著作是学习计量经济学的基本用书。这些著作的共同特点是知识结构新，反映计量经济学中某一方面的最新发展状况，

并包含作者自己的研究成果。今后随着时间的推移，我们还将进一步推出更多、更好的有代表性的学术著作。

希望这套丛书能够为从事经济问题研究，数量经济学教学、研究、学习的读者在掌握数量经济学理论与方法方面有所帮助。

读者对这套丛书有什么意见，可以随时反映给我们。书中若有不妥或错误之处，敬请广大读者批评指正。

张晓峒

2003 年 3 月

电子邮箱: xttfyt@public.tpt.tj.cn

前 言

这是一本有关协同积分、单位根方法论研究方面的书。它尽可能全面地包括了有关此方面的内容，在做基础理论研究的同时，我希望将恰当的技术应用于实际中。这意味着许多艰苦的工作。在这本书里自己尽量用简练而通俗的语言去解释那些繁琐数学式子的意义，使更多的人能轻松地理解这方面的知识，掌握当代计量经济学的建模技术。

此外，本书全面地介绍了与协同积分理论相关的数学、统计学知识，常用的临界值表列在案例的后面，这样非常有利于读者学习和研究。

第一章主要介绍计量经济学方法论发展的主要历程，使读者对计量经济学的历史有所了解。这对后面章节的理解是非常有益处的。第二章详细介绍了协同积分理论的数学工具。重点讨论了维纳过程、二阶矩过程、单位根过程以及鞅过程的特性。以案例的形式介绍了这些随机过程在经济中的应用。第三章是本书的核心部分。在此章里对协同积分理论作了全面细致而深入的研究，并讨论了协同积分过程的性质、检验方法及其在经济中的应用。在第四章中对分数协同积分过程作了分析，以案例的形式介绍了分数协同积分过程在经济中的应用。第五章重点讨论了经济过程的结构变化，是本书最具有代表性的章节。它研究了结构突变的协同积分问题。

本书的主要特点体现在以下几个方面：

1. 方法论的研究与实际应用紧密结合，每章都配有与本章理论相关的案例。这非常有利于读者学习与应用。
2. 自己在写作的过程中尽量用通俗而生动的语言去描述那些繁琐的数学式子，使数学基础不太强的读者也能够读懂此书。

本书可作为经济类硕士研究生、博士研究生的计量经济学参考书。

对使用计量经济模型进行经济研究的读者也是非常有帮助的。

在本书的写作过程中得到了我的导师周逸江先生和我的博士后导师张晓峒先生的许多帮助，张晓峒先生为我审阅了全书，提出了许多宝贵的建议和意见，在这里向他们表示由衷的感谢。

由于自己的水平有限，书中可能存在错误与不妥之处，请读者指正。

马 薇

2003 年 7 月于南开园

目 录

第一章 绪论	1
1.1 计量经济学简史	1
1.1.1 计量经济学发展的几个重要阶段	2
1.1.2 协整理论产生的背景与本书的研究重点	7
1.1.3 协整方法论研究的理论框架	9
1.2 当代计量经济学协整方法论研究与应用的热点问题	10
1.2.1 对新经济问题的计量经济研究	10
1.2.2 计算机模拟实验研究	10
1.2.3 分数维的协整与协突变问题	11
1.2.4 计量经济模型经济意义的恰当解释问题	12
1.2.5 本书的基本结构	13
第二章 协整中的维纳过程	14
2.1 维纳过程	14
2.1.1 随机过程的基本概念	14
2.1.2 维纳过程的一般概念	26
2.2 单位根过程	36
2.2.1 单位根过程的定义与性质	37
2.2.2 经济中单位根过程的实例	42
2.2.3 单位根过程的检验	49
2.3 新生过程与鞅过程	61
2.3.1 数据生成过程	61
2.3.2 新生过程与鞅过程	62
2.4 经济过程的案例分析——深沪两市股票价格过程的 平稳性研究	64

2.4.1	金融市场的基本假定	64
2.4.2	检验深圳、上海证券市场股价的随机行走性 ——单位根检验	65
2.4.3	本章小结	72
第三章	经济变量间的协整关系分析	74
3.1	计量经济学传统建模方法与当代计量经济学 动态建模方法简介	74
3.1.1	传统的计量经济学建模方法与局限性	75
3.1.2	当代计量经济学动态建模方法	78
3.2	经济变量过程的非平稳性研究	83
3.2.1	经济变量的外生性	85
3.2.2	经济变量的格兰杰非因果性	86
3.3	协整分析的基本概念	87
3.3.1	积分过程 $I(d)$ 续	87
3.3.2	经济系统的协整过程研究	89
3.3.3	误差修正模型 ECM 与协整过程的 进一步探讨	94
3.3.4	协整向量的估计方法	104
3.3.5	协整检验方法	109
3.4	常用协整检验的操作程序	117
3.5	协整系统的约束问题研究	122
3.5.1	协整系统的等价形式与约束条件	122
3.5.2	协整性与外生性的讨论	125
3.6	协整分析的应用案例	126
3.7	本章小结	135
第四章	经济过程中的分数协整问题研究	136
4.1	分数积分过程	136
4.1.1	分数过程的定义与性质	137
4.1.2	关于分数过程单位根检验的讨论	144
4.1.3	分数积分过程的案例	146

4.2 经济过程的分数阶协整关系研究·····	152
4.2.1 关于分数阶协整的几个重要性质·····	153
4.2.2 经济过程分数协整关系存在性讨论·····	155
4.2.3 分数参数 d 的估计方法·····	156
4.3 分数协整的实证分析·····	158
4.4 本章小结·····	167
第五章 经济结构变化的协整	
——协突变问题研究·····	169
5.1 协整过程中的结构分析·····	169
5.1.1 结构变化的类型·····	172
5.1.2 经济过程突变的检验问题·····	174
5.1.3 经济结构突变下的开关模型·····	179
5.2 经济过程协突变理论的研究·····	180
5.2.1 结构突变对积分过程单位根检验的影响·····	181
5.2.2 协突变问题研究·····	183
5.3 协整过程中的协突变问题讨论·····	185
5.4 本章小结·····	189
附 录·····	190
参考文献·····	202

第一章 绪 论

计量经济学的方法论与应用的研究必然要追溯它的历史，看它怎样沿着经济学发展的足迹蹒跚走过，它所走的每一步都伴随着经济学方法论研究的突破和更新。方法论研究的进展和突破又给计量经济学的应用开辟了一条崭新的道路。协整是当代计量经济学的重要课题。

经济过程中存在着许多不确定性，这正像德国科学家威纳·海森堡提出的不确定性原理一样。为了预言一个粒子未来的位置和速度，人们必须准确地测量它现在的位置和速度，然而如果对粒子的位置测量的越准确，那么对速度的测量就越不准确，也就是说不可能同时精确地确定一个粒子的位置和速度。威纳·海森堡的不确定性原理是世界的一个基本的不可回避的性质。不确定性原理对我们研究问题的方法有非常深远的影响。将自然科学的研究思想应用于当代计量经济学协整方法论的研究是本书的基本理论框架。

1.1 计量经济学简史

整个计量经济学发展的历史，贯穿着理性探索与现实经济需要这两股强大的推动力，留下了计量经济学者沿着经济运行的轨迹艰苦跋涉探寻经济规律的脚步声。计量经济学是用定量的方法研究经济活动规律及其应用的科学，是经济学与统计学、数学相结合的产物，是经济学的一个分支，属于社会科学的范畴。计量经济学是一门非常富有活

力的学科，新的思潮不断涌现，旧的理论被发展和重新评价。计量经济学的发展是随着经济学的发展而发展的。经济学发展史显示新学说是取代旧学说，而不是修正旧学说。客观地认识与科学地表述经济规律是计量经济学方法论发展与更新的原动力。计量经济学方法论的研究和知识的积累能够使我们逐渐认清理论与经济实践间的距离，从而深刻地悟出如何去创新的启示。

客观地认识与科学地表述经济规律是计量经济学的核心。经济活动的多因素性、随机波动性以及事件发生的不可逆性一直影响着计量经济学的科学化进程。经济问题没有完全确定的函数关系，只能建立统计模型。尽管这样，随着计量经济学的诞生，人们借助于数学、经济统计学的知识分析和预测经济问题。计量经济学是以经济理论为指导，以事实为依据，以数学、统计学为方法，以计算机为手段，对具有随机性特征的经济关系与经济活动的数量规律进行研究，并以计量经济模型的建立和应用为核心的一门经济学学科。计量经济学是一门严谨与实用的经济学学科——定量化的实证经济学。计量经济学以独特的视角去解释经济学的意义，从更深的层次上体现了经济学的内涵。

1.1.1 计量经济学发展的几个重要阶段

经济学与自然科学的一个最大不同点就是无法建立真正意义下的实验室，无法创造出其他因素不变的理想环境，它所能做的最先进的实验是在一些假设的基础上，根据样本数据去模拟经济运行的过程。自然科学中的变量常遵循某种特定的函数关系，而对于经济问题却很难找到完全确定的函数关系，但随着计算机技术的日新月异，使以经济数据为基础的计量经济学模拟实验成为可能。虽然这只有几十年的时间，却超过了经济学数百年积累起来的文字分析水平。当代计量经济学的研究方法是不同科学领域思想互相渗透的结晶。计量经济学可分为三个不同的时期（对计量经济学时期的划分参考了南开大学张晓峒教授的《计量经济学讲义》）。

第一时期：20 世纪 20~40 年代。

20 世纪之前，在错综复杂的经济现象面前，经济工作者主要是使

用简单直接的方法对材料进行归纳、综合和推理。19 世纪欧洲主要国家先后进入资本主义社会。工业化大生产的出现，经济活动规模的不断扩大，需要人们对经济问题做出更精确、深入的分析、解释与判断。这是计量经济学诞生的社会基础。但由于当时的信息传递速度很慢，一定程度上制约了计量经济学的发展。

到 20 世纪初，数学、统计学理论日趋完善，从而为计量经济学的出现奠定了理论基础。17 世纪牛顿-莱布尼兹（Newton-Leibniz）提出微积分的基本思想，19 世纪初（1809 年）德国数学家高斯（Gauss）提出最小二乘法，1821 年提出正态分布理论。19 世纪末英国统计学家高尔顿（Galton）提出“回归”概念。20 世纪 20 年代菲希尔（Fisher R.）和 Neyman J. D.（波兰裔美国人）分别提出抽样分布和假设检验理论。至此，数理统计的理论框架基本形成。这时，人们自然想到要用这些知识去解释、分析、研究经济问题，从而形成了应用经济学的一个新的分支——计量经济学。

“计量经济学”一词首先由挪威经济学家弗里希（Frisch）仿照生物计量学（biometrics）一词于 1926 年提出。1930 年由弗里希（Frisch），Tinbergen 和 Fisher 等人发起在美国成立了国际计量经济学会。1933 年 1 月开始出版“计量经济学”（Econometrics）杂志。它的创刊标志着计量经济学的诞生，是计量经济学发展的第一个里程碑。目前它仍是计量经济学界最权威的杂志。弗里希（在杂志发刊词上讲到“用数学方法探讨经济学可以从好几个方面着手，但任何一方面都不能与计量经济学混为一谈。计量经济学与经济统计学决非一码事，它也不同于我们所说的一般经济理论，尽管经济理论大部分都具有一定的数量特征，计量经济学也不应视为数学应用于经济的同义语。经验表明，统计学、经济理论和数学这三者对于真正了解现代经济生活的数量关系来说，都是必要的，但本身并非充分条件，三者结合起来，就有力量。这种结合便构成了“计量经济学”。这段重要的讲话奠定了计量经济学方法论研究的基础，也给计量经济学的应用指明了方向。

20 世纪 30 年代计量经济学研究对象主要是个别生产者、消费者、家庭、厂商等，基本上属于微观经济分析范畴。第二次世界大战后，

计算机的发展与应用给计量经济学的研究以巨大推动作用。从 40 年代起, 计量经济学研究从微观向局部地区扩大, 以至于扩大到整个社会的宏观经济体系, 处理总体形态的数据, 如国民消费、国民收入、投资、失业问题等。但模型基本上属于单一方程形式。

第二时期: 20 世纪 50~70 年代。

1950 年以库坡曼 (Koopman) 发表论文“动态经济模型的统计推断”和 Koopman-Hood 发表论文“线性联立经济关系的估计”为标志, 计量经济学理论进入联立方程模型时代。

计量经济学方法论的研究经历了从简单到复杂, 从单一方程到联立方程的进化过程。进入 50 年代人们开始用联立方程模型描述一个国家整体的宏观经济活动。比较著名的是克莱因 (Klein) 的美国经济波动模型 (1921~1941, 1950 年作) 和美国宏观经济模型 (1928~1950, 1955 年作), 后者包括 20 个方程。联立方程模型的应用是经济计量学发展的第二个里程碑。联立方程模型比较好地揭示了错综复杂的经济变量间内在的本质联系。

进入 70 年代西方国家致力于更大规模的宏观计量经济模型研究。为了理解、预测及控制经济运行的过程, 计量经济学从着眼于研究适合国内的计量经济模型发展到着眼于国际的大型计量经济模型, 以便研究国际经济波动的影响, 国际经济发展战略可能引起的各种后果, 以及制定评价长期的经济政策。70 年代是联立方程模型发展最辉煌的时代。最著名的联立方程模型是“连接计划” (Link Project)。截止 1987 年, 已包括 78 个国家 2 万个方程。这一时期最有代表性的学者是 L. Klein 教授。他于 1980 年获诺贝尔经济学奖。

前苏联在 20 世纪 20 年代也开展过这方面的研究, 但到 30 年代就中止了。60 年代中期以来, 前苏联及东欧一些国家开始大量编制投入产出模型并取得有益成果。我国的这项研究是从 80 年代初开始的, 周逸江先生在这方面做出了杰出的贡献。

第三时期: 20 世纪 80 年代至本世纪初。

70 年代以前的建模技术都是以“经济时间序列平稳”这一前提设计的。由平稳随机过程的定义可知, 它的一阶矩和二阶矩都是常数。

这是一种过于理想的假设，这种假设的目的是为了使问题简单化。在战后多数国家的宏观经济变量均呈非平稳特征，所以在利用联立方程模型对非平稳经济变量进行预测时常常失败。从 70 年代开始，宏观经济变量的非平稳性问题以及虚假回归问题越来越引起人们的注意。因为这些问题的存在会直接影响经济计量模型参数估计的准确性。人们开始寻找计量经济学方法论的新发展方向。方法论（methodology）是指处理问题和从事活动的方式，它构成了我们完成一项任务的一般途径，提供了组织、计划、设计和实施研究的基本原则。由于经济变量的非平稳性促使人们去研究新的建模方法，也为协整方法论的研究与应用奠定了理论基础。

格兰杰（Granger）首先提出了虚假回归问题，引起了计量经济学的广泛注意。当变量过程呈现出非平稳性时，由变量间的统计关系推断计量经济模型的形式是相当困难的。由于计量经济学是量化了的经济理论与统计观测融合的结晶，所以计量经济模型应该构成经济理论与经济数据相互融合的桥梁，然而由于当时计量经济学理论的局限性，常产生伪回归模型。人们开始对经济变量的外生性和因果性进行研究。经济变量间存在可测的因果关系的必要条件应包括模型参数对于输入变量所含干预信号具有抗变性。

博克斯-詹金斯（Box-Jenkins）在《时间序列分析，预测与控制》一书中指出，时间序列模型有别于回归模型，是一种全新的建模方法，它是依靠变量本身的外推机制建立模型。由于时间序列模型妥善地解决了经济变量的非平稳性问题，从而为在经济领域应用时间序列模型奠定了理论基础。当经济过程非平稳时，用蒙特卡罗实验模拟表明，回归拟合系数在不同的时序条件下具有不同的分布。所以当经济过程非平稳时会发生伪回归现象。

此时，传统计量经济学面临三个需要解决的问题，这三个问题促进了当代计量经济学方法论的形成，同时也拓宽了计量经济学的应用领域。这三个问题是：

- （1）如何检验经济变量的非平稳性。
- （2）如何把时间序列模型引入经济计量分析领域。